

ПАРАМЕТРЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ

Л. М. АНАНЬЕВ, Ф. К. ВОЛОСНИКОВ

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института ядерной
физики, электроники и автоматики при ТПИ)

Контроль размеров деталей методом ультразвуковой локации позволяет производить замер деталей на металлорежущих станках в процессе их обработки без остановки станка и без наличия механического контакта между мерителем и контролируемой деталью.

Для этих целей нужен ультразвук, излучаемый радиоимпульсами, имеющими стабильную частоту следования и скважность.

Блок-схема такого устройства может иметь различные варианты в зависимости от конкретной задачи (потребная точность замера, диапазон размеров измеряемых деталей, материал излучателя и приемника). Пример такой блок-схемы дан на рис. 1.

Выбор параметров ультразвуковых колебаний можно произвести исходя, например, из следующей методики:

принцип измерения — двухстадийный, грубый и точный замеры, грубый замер дает размер детали с точностью до целой волны ультразвукового излучения, точный замер замеряет фазу отражения ультразвуковой волны от измеряемой поверхности и дополняет грубый замер. Таким образом, заданная абсолютная точность измерения определяет длину волны λ ультразвуковых колебаний.

$$\lambda = \frac{\Delta D}{\Delta \lambda \%} \cdot 100,$$

где ΔD — абсолютная точность измерения,

$\Delta \lambda$ — возможная точность измерения фазы между излученным и отраженным ультразвуком,
откуда частота ультразвука равна

$$f = \frac{V}{\lambda},$$

где V — скорость распространения ультразвука.

Полученный результат следует проверить на условие отсутствия дисперсии скорости ультразвука по неравенству

$$f < 10^5 \text{ кгц.}$$

Минимальная длительность импульса ультразвуковых колебаний находится из условия возможности измерения при максимальных размерах детали.

$$t_n = \frac{X_6 - \frac{D_{\max}}{2}}{V},$$

где X_6 — максимальное расстояние излучателя до контролируемой поверхности,

$D_{\max}$ — максимальный диаметр детали.

Расстояние X_6 зависит от затухания ультразвуковых колебаний в окружающей среде и может быть найдено по выражению:

$$X_6 = -\frac{\lambda \lg \frac{J_x}{J_0}}{4\alpha^* \lg e},$$

где I_x — минимальное значение мощности ультразвука, на которое реагирует приемник ультразвука;

I_0 — величина мощности излучения ультразвука, при которой излучатель способен длительно работать без перегрева;

α^* — коэффициент поглощения ультразвука в окружающей среде.

Период исследования ультразвуковых импульсов T выбирается из условия полного затухания ультразвуковой волны в промежутке между импульсами по уравнению

$$T \geq N \frac{2X_6}{V},$$

где N — коэффициент, учитывающий увеличение рассеяния, которое необходимо для полного затухания ультразвука, вычисляется по выражению:

$$N = \frac{\lg \frac{J_{xп}}{J_0}}{\lg \frac{J_x}{J_0}} = \frac{\lg J_{xп} - \lg J_0}{\lg J_x - \lg J_0}.$$

Величина $J_{xп}$ определяет собой порог чувствительности приемника и связана с J_x соотношением:

$$J_{xп} = \frac{J_x}{m},$$

где m — коэффициент, гарантирующий отсутствие приема.

Для конкретного примера излучателя из титаната бария ($I_0 = 2 \text{ вт/см}^2$, $I_x = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ вт/см}^2$, $m = 100$) воздушной среды ($\alpha^* = 29,1 \cdot 10^{-4}$) максимального диаметра детали $D = 315 \text{ мм}$ и абсолютной заданной точностью $\Delta D = 0,01 \text{ мм}$ при относительной точности измерения фазы $\Delta \lambda = 1\%$ имеем $\lambda = 1 \text{ мм}$, $f = 340 \text{ кгц}$, $X_6 = 200 \text{ мм}$.

$$t_n = \frac{1}{34000} \text{ сек } (\simeq 30 \text{ мксек}),$$

$$T = \frac{1}{170} \text{ сек } (\simeq 5880 \text{ мксек}).$$

Ввиду того, что скорость ультразвука V изменяется под влиянием колебаний температуры окружающего воздуха по зависимости

$V = V_{20^\circ} (1 + 0,0018 \Delta t^\circ C)$, измеряемый отрезок времени будет соответственно изменяться.

$$t_{\text{изм}} = \frac{X}{V} = \frac{X}{V_{20^\circ} (1 + 0,0018 \Delta t^\circ C)}.$$

Для компенсации этого влияния необходимо в анодное сопротивление триггера 4 ввести термистор R , который будет изменять ток, проходящий через индикатор A_1 по такому же закону, но в противополож-

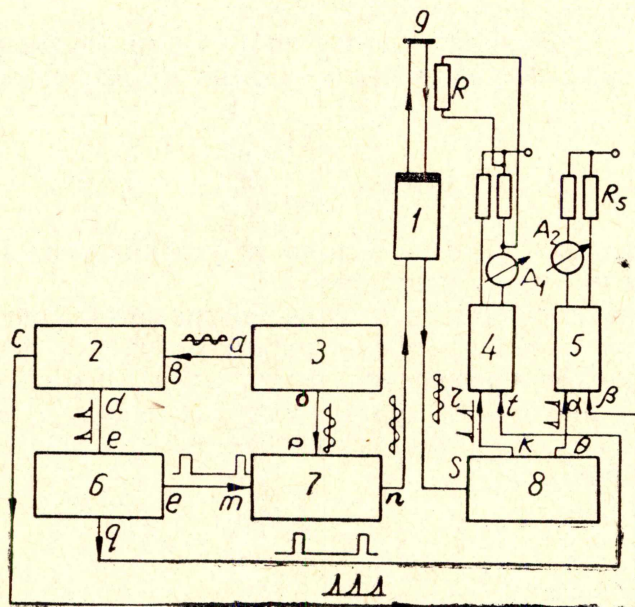


Рис. 1. Блок-схема устройства: 1 — излучатель-приемник ультразвука; 2 — формирующая цепь, в — вход, с и d — выходы; 3 — генератор синусоидальных колебаний; а и о — его выходы; 4 — триггер, г и i — выходы; 5 — триггер, а и β — входы; 6 — генератор прямоугольных колебаний большой скважности и низкой частоты, е — вход, g и l — выходы; 7 — временной селектор; p — вход, m — вход, n — выход; 8 — приемник, s — вход, k и θ — выходы, A_1 , A_2 — индикаторы тока, R — температурный компенсатор (термистор), 9 — измеряемая деталь

ном направлении, тогда, вводя масштабный коэффициент A , будем иметь

$$t_{\text{изм}} = AJ_{\text{cp}} = \frac{AJ_{\text{cp}20^\circ} (1 + 0,0018 \Delta t^\circ C)}{1 + 0,0018 \Delta t^\circ C},$$

$$t_{\text{изм}} = AJ_{\text{cp}20^\circ},$$

$J_{\text{cp}20^\circ}$ — средний ток в индикаторе A_1 при температуре $20^\circ C$.

Рассмотренный конкретный пример иллюстрирует работу устройства с указанными параметрами ультразвука. Эксплуатационные характеристики для данного примера будут следующими:

- а) диапазон диаметров, измеряемых устройством — $0 \div 315$ мм;
- б) абсолютная точность измерения — $0,01$ мм.
- в) минимальное расстояние до контролируемой поверхности 20 мм;
- г) максимальное расстояние до контролируемой поверхности —

200 мм;

д) минимальная ширина поверхности, контролируемая датчиком (вдоль оси детали вращения), — 0,3 мм, что достигается введением фокусировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Э. Крауфорд. Ультразвуковая техника. ИИЛ. М., 1957.
 2. Б. П. Асеев. Фазовые соотношения в радиотехнике. Связьиздат, 1957.
 3. В. П. Ковалев. Измерение разности фаз. «Приборы и техника эксперимента», № 2, 1958.
 4. Л. Бергман. Ультразвук и его применение в науке и технике, ИИЛ, М., 1957.
 5. И. Матаушек. Ультразвуковая техника, Металлургиздат, 1962.
 6. Д. С. Шрайбер. Ультразвуковая дефектоскопия, «Металлургия», М., 1965.
-